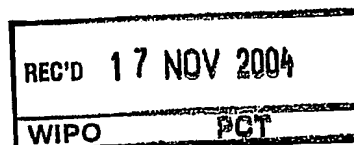


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

EP04/11154
**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

103 46 326.7

Anmeldetag:

06. Oktober 2003

Anmelder/Inhaber:

EMS-CHEMIE AG, Domat/CH

Bezeichnung:Flammgeschützte Polyamidformmassen und
deren Verwendung**IPC:**

C 08 L, C 08 K

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 29. September 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Dzierzon



EMS-CHEMIE AG
039P 1355

Flammgeschützte Polyamidformmassen und deren Verwen-
dung

Die Erfindung betrifft flammgeschützte Formmassen auf
Basis von Mischungen von aliphatischen und teilaromati-
schen Polyamiden, die Salze von Phosphinsäuren als
Flammschutzmittel enthalten. Weiterhin betrifft die Er-
findung die Verwendung der erfindungsgemäßen Polyamid-
formmassen zur Herstellung von Formkörpern, insbesondere
zu Bauteilen für die Elektro- und Elektronik-Industrie.

Formmassen auf Basis aliphatischer Polyamide werden auf-
grund ihres ausgezeichneten Eigenschaftsprofils zur Her-
stellung von Formkörpern in einer Vielfalt von Anwen-
dungsgebieten verwendet. Insbesondere für Bauteile in
der Elektro- und Elektronik-Industrie werden Polyamid-
formmassen mit flammhemmenden Eigenschaften gefordert,
um ausreichenden Brandschutz zu gewährleisten.

Polyamide werden häufig durch Zusatz von Halogenverbindungen flammhemmend ausgerüstet. Halogenhaltige Polyamidformmassen sind neben anderen Nachteilen toxikologisch bedenklich, da sie bei der Entsorgung durch Verbrennen halogenhaltige Substanzen freisetzen. Aus diesem Grund wurden einige halogenfreie Flammschutzsysteme für Polyamide entwickelt.

DE 1 931 387 beschreibt den Zusatz von Rotem Phosphor zu Polyamiden. Derartige Formmassen besitzen eine dunkle Eigenfarbe, was die Möglichkeiten zur Einfärbung erheblich einschränkt. Darüber hinaus sind bei der Herstellung und Verarbeitung von Polyamidformmassen mit Rotem Phosphor als Flammschutzmittel wegen der Bildung von toxischem Phosphin erhebliche Sicherheitsvorkehrungen notwendig.

Aus DE 195 25 873 ist die Verwendung von anorganischen Flammschutzmitteln, wie z.B. Magnesiumhydroxid bekannt. Für ausreichenden Flammschutz sind hohe Zusatzmengen erforderlich, was zu Formmassen mit reduzierter Festigkeit und hoher Sprödigkeit führt.

Stickstoffhaltige Flammschutzmittel, wie z.B. Melamin-cyanurat, sind unter anderen in EP 0 614 933 beschrieben. In Polyamiden, insbesondere in mit Glasfasern verstärkten Formulierungen besitzen sie eine eingeschränkte Wirksamkeit.

Für Glasfaser-verstärkte Polyamidformmassen werden unter anderen in EP 0 782 599 Phosphor/Stickstoff-haltige

Flammschutzsysteme, wie z.B. Melamin-Polyphosphat vorgeschlagen. Für eine Brandklassierung nach UL94 von V0 sind Zusatzmengen von mindestens 25 Gew.-% notwendig, was Formmassen mit niedriger und nicht für jede Anwendung ausreichender Bruchdehnung liefert.

Als weitere Gruppe von halogenfreien Flammschutzmitteln werden Phosphorverbindungen vorgeschlagen. So ist aus EP 0 792 912 die Verwendung von Calcium- und Aluminiumsalzen der Phosphin- und Diphosphinsäuren als Flammschutzmittel für Polyamide beschrieben. Als besonders geeignete Polyamide werden Polyamid 6 und Polyamid 66 genannt. Daraus hergestellte Formmassen erreichen bei einer Zusatzmenge von 30 Gew.-% gemäß UL94 die Brandklasse V0 bei einer Probekörperdicke von 1.2 mm. Die Notwendigkeit hoher Dosierungen dieser Phosphinate wird auch in EP 1 024 167 A1 aufgezeigt. Wie aus Tabelle 1 der EP 1 024 167 zu entnehmen ist, sind für Glasfaser-verstärktes Polyamid 6 weit über 20 Gew.-%, für Glasfaserverstärktes Polyamid 66 über 30 Gew.-% an Aluminium-Phosphinat erforderlich, um eine UL94-Klassifizierung von V0 zu erreichen. Derartig hohe Zusatzmengen wirken sich negativ auf die mechanischen Eigenschaften aus. Sind die Formmassen infolge niedriger Bruchdehnung spröde, kann dies beispielsweise bei Bauteilen mit Schnappverbindungen, wie sie in der Elektroindustrie vielfach hergestellt werden, zu Problemen führen. Die Bauteile gehen üblicherweise nach der Spritzgusserstellung innert kurzer Zeit, d.h. ohne Konditionierung in die Montage, wo es zu erheblichen Störungen kommt, wenn diese Schnappverbindungen wegen der Sprödigkeit des Materials abbrechen. Um dies auszuschließen,

werden für diese Anwendungen Formmassen mit einer Bruchdehnung im spritzfrischen Zustand von mindestens 2% gefordert.

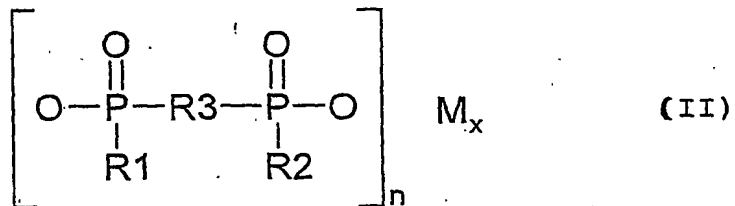
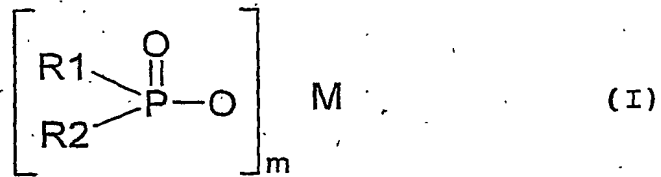
5 Ausgehend hiervon ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine neue Polyamidformmasse vorzuschlagen, die in ihren mechanischen Eigenschaften, insbesondere in ihrer Bruchdehnung gegenüber dem Stand der Technik, insbesondere gegenüber den Polyamidformmassen der
10 EP 1 024 167 deutlich verbessert ist. Die Polyamidmasse soll weiterhin die Forderungen nach der Brandklasse V0 gemäß UL94 bei einer Prüfkörperdicke von max. 0,8 mm erfüllen.

15 Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

20 Es wurde nun überraschenderweise gefunden, dass die in Anspruch 1 definierten Formmassen die Herstellung von Formkörper mit verbesserten mechanischen Eigenschaften insbesondere mit einer Bruchdehnung im spritzfrischen Zustand von mindestens 2 % ermöglichen. Die erfindungsgemäßen Formmassen zeichnen sich weiterhin dadurch aus, dass gegenüber dem Stand der Technik deutlich niedrige
25 Zusatzmengen an Salzen von Phosphinsäure als Flamm- schutzmittel eingesetzt werden können und dass trotzdem eine Brandklassierung gemäß UL94 von V0 erreicht wird. Erfindungsgemäß wird dieser Effekt offensichtlich dadurch erreicht, dass bei den Formmassen der Erfindung
30 auf Basis von aliphatischen Polyamiden ein Teil des aliphatischen Polyamins durch ein teilaromatisches Polyamid ersetzt wird.

Gegenstand der Erfindung ist somit eine flammgeschützte Polyamidformmasse bestehend aus

- a) 20 - 80 Gew.-% eines oder mehrerer aliphatischer Polyamide
- b) 1 - 40 Gew.-% eines oder mehrerer teilaromatischer Polyamide
- c) 1 - 30 Gew.-% eines Flammenschutzmittels enthaltend ein Phosphinsäuresalz der Formel (I) und/oder ein Diphosphinsäuresalz der Formel (II) und/oder deren Polymere



worin

R^1, R^2 gleich oder verschieden sind und C_1 - C_6 -Alkyl, linear oder verzweigt und/oder Aryl,
 R^3 C_1 - C_{10} -Alkylen, linear oder verzweigt, C_6 - C_{10} -Arylen, -Alkylarylen oder Arylalkylen;

M	Metallion aus der 2. oder 3. Haupt- oder Nebengruppe des Periodensys- tems;
m	2 oder 3;
n	1 oder 3;
x	1 oder 2

bedeuten,

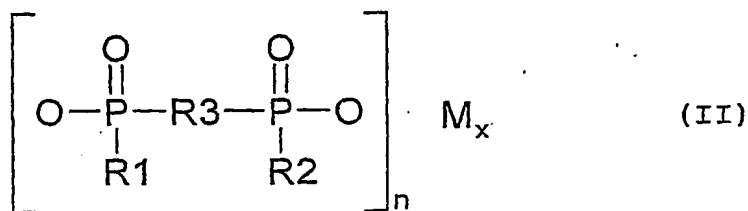
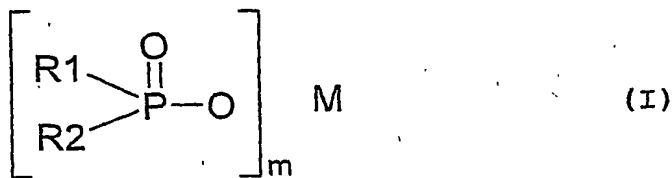
- 10 d) 5 - 60 Gew.-% eines faser- oder teilchenförmigen
Füllstoffes oder deren Mischungen
- e) 0.05 - 10 Gew.-% üblicher Additive, bestehend
aus Stabilisatoren, Verarbeitungshilfsmittel,
Antidripping-Mittel, Farbstoffen, Pigmenten,
15 etc.

Als erfindungsgemäße aliphatische Polyamide (a) können
Homopolyamide und Copolyamide eingesetzt werden, deren
wiederkehrende Einheiten sich von aliphatischen Aminen
20 und aliphatischen Dicarbonsäuren oder von Aminocarbon-
säuren ableiten, wobei diese Aminocarbonsäuren auch in
Form ihrer Lactame zum Einsatz kommen können. Typische
Vertreter sind Polyamid 6, Polyamid 11, Polyamid 12, Po-
lyamid 66, Polyamid 66/6, Polyamid 46.

25 Als erfindungsgemäße teilaromatische Polyamide (b) kön-
nen entweder Homopolyamide oder Copolyamide eingesetzt
werden, deren wiederkehrende Einheiten aus Dicarbonsäu-
ren und Diaminen sowie aus Aminocarbonsäuren bzw. der
entsprechenden Lactame abgeleitet sind. Geeignete Dicar-
30 bonsäuren sind aromatische und aliphatische Dicarbonsäu-
ren wie beispielsweise Terephthalsäure, Isophthalsäure,

Adipinsäure, Azelainsäure, Sebazinsäure, Dodekandicarbonsäure und 1,4-Cyclohexandicarbonsäure. Geeignete Diamine sind aliphatische und cycloaliphatische Diamine wie beispielsweise Hexa-methylen-diamin, Nonamethylen-diamin, Dekamethylen-diamin, Dodekamethylen-diamin, 2-Methyl-pentamethylen-diamin, 1,4-Cyclohexandiamin, Di-(4-diaminocyclo-hexyl)-methan, Di-(3-methyl-4-aminocyclo-hexyl)-methan, sowie Diamine mit aromatischen Gruppen wie m-Xylylendiamin und p-Xylylendiamin. Geeignete Aminocarbonsäuren sind Aminocaprinsäure, Aminoundecansäure und Aminolaurinsäure. Typische Vertreter sind Polyamid 6I, Polyamid 6T/6I, Polyamid 6T/6, Polyamid 6T/66, Polyamid 6T/6I/66, Polyamid 9T, Polyamid 10T, Polyamid 12T, Polyamid 6T/12, Polyamid MXD6.

Bei den Flammschutzmitteln (c) gemäß der Erfindung handelt es sich um Salze der Phosphinsäure der Formel (I) und/oder der Diphosphinsäure der Formel (II)



worin

R^1, R^2	gleich oder verschieden sind und C_1 - C_6 -Alkyl, linear oder verzweigt und/oder Aryl,
R^3	C_1 - C_{10} -Alkylen, linear oder verzweigt, C_6 - C_{10} -Arylen, -Alkylarylen oder Arylalkylen;
M	Metallion aus der 2. oder 3. Haupt- oder Nebengruppe des Periodensystems;
m	2 oder 3;
n	1 oder 3;
x	1 oder 2

bedeuten, und/oder deren Polymere.

Geeignete Phosphinsäuren für die Herstellung der erfindungsgemäßen Phosphinsäuresalze sind beispielsweise Dimethylphosphinsäure, Ethyl-methylphosphinsäure, Diethylphosphinsäure, Methyl-n-propylphosphinsäure, Methandi(methylphosphinsäure), Ethan-1,2-di(methylphosphinsäure), Hexan-1,6-di(methylphosphinsäure), Benzol-1,4-di(methylphosphinsäure), Methyl-phenyl-phosphinsäure, Diphenylphosphinsäure.

Die erfindungsgemäßen Phosphinsäuresalze können nach bekannten Methoden, wie sie beispielsweise in EP 0 699 708 beschrieben sind, hergestellt werden. Die Phosphinsäuren werden dabei in wässriger Lösung mit Metallcarbonaten, Metallhydroxiden oder Metalloxiden umgesetzt, wobei im Wesentlichen monomere, je nach Reaktionsbedingungen unter Umständen auch polymere Phosphinsäuresalze entstehen.

f.2

Die Phosphinsäuresalze gemäß den Formeln (I) und (II) können Ionen von Metallen aus der 2. oder 3. Haupt- oder Nebengruppe des Periodensystems enthalten, bevorzugt werden die Calcium- und Aluminium-Salze der Phosphinsäuren. Diese Phosphinsäuresalze können auch in Form ihrer Gemische eingesetzt werden. Sie werden bevorzugt in Pulverform angewendet, um bei der Einarbeitung in das Polymere eine gute Dispergierung zu erzielen.

Die erfindungsgemäßen Formmassen enthalten als Komponente c) 1 - 30, bevorzugt 5 - 25, besonders bevorzugt 8 - 20 Gew.-% des Phosphinsäuresalzes der Formel (I) und/oder ein Diphosphinsäuresalz der Formel (II) und/oder deren Polymere.

Als Komponente d) können die erfindungsgemäßen Formmassen 5 - 60 Gew.-% an faser- oder teilchenförmigen Füllstoffen oder deren Mischungen enthalten. Als Beispiele für faserförmige Füllstoffe seien faserförmige Verstärkungsmittel wie Glasfasern, Kohlenstofffasern, Aramidfasern, Kaliumtitanatwhisker genannt, wobei Glasfasern bevorzugt sind. Die Einarbeitung der Glasfasern in die Formmassen kann entweder in Form endloser Stränge (Rovings) oder in geschnittener Form (Kurzglasfasern) erfolgen. Zur Verbesserung der Verträglichkeit mit den teilaromatischen Polyamiden können die verwendeten Glasfasern mit einer Schlichte und einem Haftvermittler ausgerüstet sein. Der Durchmesser der üblicherweise verwendeten Glasfaser liegt im Bereich von 6 - 20 μm .

Als teilchenförmige Füllstoffe eignen sich unter anderen Glaskugeln, Kreide, gepulverter Quarz, Talkum, Wollastonit, Kaolin, Glimmer.

5

Übliche Additive als Komponente e) sind beispielsweise Wärmeschutzmittel, Antioxidantien, Lichtschutzmittel, Gleitmittel, Entformungsmittel, Nukleierungsmittel, Pigmente, Farbstoffe, Antdripping-Mittel.

10

Die erfindungsgemäßen flammgeschützten Polyamidformmassen können nach an sich bekannten Verfahren hergestellt werden. Dazu werden die Bestandteile in einem Compoundieraggregat, z.B. ein Doppelschneckenextruder, homogenisiert. Ein übliches Vorgehen besteht darin, die Komponenten a) bis e) einzeln oder vorgemischt über separate Dosieranlagen in das Compoundieraggregat einzubringen. Die Homogenisierung in der Polymerschmelze erfolgt bei Temperaturen, die je nach Schmelzpunkt des teilaromatischen Polyamids bei 200 - 350°C liegen. Die Schmelze wird üblicherweise als Strang abgezogen, gekühlt und granuliert.

15

20

Die erfindungsgemäßen Formmassen eignen sich zur Herstellung von Formkörpern nach dem Spritzgussverfahren.

25

In den Beispielen wurden folgende Ausgangsstoffe zur Herstellung erfindungsgemäßer Formmassen eingesetzt:

Komponente a)

30

Polyamid a1: Polyamid 6, relative Viskosität
(1% in H₂SO₄) = 2.75

Polyamid a2: Polyamid 66, relative Viskosität
(1% in H₂SO₄) = 2.67

Komponente b)

5

Polyamid b1: Polyamid 6I/6T mit einem Verhältnis
von Isophthalsäure zu Terephthalsäure
von 67:33, relative Viskosität
(0.5% in m-Kresol) = 1.72

10

Polyamid b2: Polyamid 6T/66 mit einem molaren
Verhältnis von Terephthalsäure zu
Adipinsäure von 55:45, relative
Viskosität (0.5% in m-Kresol) = 1.69

15

Polyamid b3: Polyamid 6T/6I mit einem Verhältnis
von Terephthalsäure zu Isophthalsäure
von 70:30, relative Viskosität
(0.5% in m-Kresol) = 1.135

Polyamid b4: Polyamid MXD6, relative Viskosität
(0.5% in m-Kresol) = 1.85

20

Komponente c)

Aluminium-Diethylphosphinat

Calcium-Methyl-propylphosphinat

Komponente d)

25

Standard-Glasfaser für Polyamide, Faserlänge 4.5mm,
Durchmesser 10µm

Komponente e)

30

Irganox 1098 (Ciba Specialities)

Ca-Stearat

Beispiele

Die Ausgangsstoffe wurden in den in Tabelle 1 aufgeführten Mengen, die jeweils in Gew.-% angegeben sind, mittels eines ZSK30 Zweischnucken-Extruders von Werner & Pfleiderer zu den entsprechenden Formmassen compoundingiert. Die Komponenten a), b) und e) wurden vorgemischt und so wie Komponente c) über Dosierwaagen in die Einzugszone des Extruder gefördert. Die Glasfasern wurden über einen Side-Feeder zugeführt. Die Homogenisierung der Komponenten erfolgte bei Temperaturen von 260-310 °C.

Die Formmassen wurden als Strang ausgetragen, in einem Wasserbad gekühlt und anschließend granuliert. Das Granulat wurde auf einen Feuchtegehalt von unter 0.08 % getrocknet und auf einer Spritzgussmaschine zu Prüfkörpern verarbeitet. Es wurden daran folgende Prüfungen durchgeführt:

- Brandtest nach UL-94 an Prüfkörpern mit einer Dicke von 0.4, 0.8 oder 1.6 mm nach üblicher Konditionierung
- Elastizitätsmodul nach ISO 527, spritzfrisch
- Bruchdehnung nach ISO 527, spritzfrisch
- Bruchspannung nach ISO 527, spritzfrisch
- Schlagzähigkeit bei 23 °C nach ISO 179/1eU, spritzfrisch

Tabelle 1

		Vergleichs- beispiel 1	Beispiel 1	Beispiel 2
<u>Zusammensetzung Gew. %</u>				
Polyamid a1		39.4	43.0	47.4
Polyamid a2			14.4	
Polyamid b1				
Polyamid b2				8
Polyamid b3				
Polyamid b4				
Al-Diethylphosphinat		30	12	14
Ca-Mehyl-propylphosphinat				
Glasfaser		30	30	30
Irganox 1098		0.25	0.25	0.25
Ca-Stearat		0.35	0.35	0.35
<u>Prüfungen</u>				
Brandtest UL-94	Klassierung			
0.4 mm			V-0	
0.8 mm		n.k.	V-0	V-0
1.6 mm		V-2		V-0
Elastizitätsmodul	MPa	10600	10900	10600
Bruchspannung	MPa	130	147	135
Bruchdehnung	%	1.7	3.1	2.3
Schlagzähigkeit	kJ/m ²	49	52	48

Tabelle 2

		Vergleichs- beispiel 2	Beispiel 3	Beispiel 4
<u>Zusammensetzung Gew. %</u>				
Polyamid a1		39.4	40.0	18.7
Polyamid a2				18.7
Polyamid b1				
Polyamid b2			10	
Polyamid b3				
Polyamid b4				12
Al-Diethylphosphinat				
Ca-Methyl-propylphosphinat		25	14	15
Glasfaser		35	35	35
Irganox 1098		0.25	0.25	0.25
Ca-Stearat		0.35	0.35	0.35
<u>Prüfungen</u>				
Brandtest UL-94	Klassierung			
0.4 mm			V-0	
0.8 mm		n.k.	V-0	V-0
1.6 mm		V-1		V-0
Elastizitätsmodul	MPa	11000	10900	10500
Bruchspannung	MPa	140	152	145
Bruchdehnung	%	1.8	2.9	2.8
Schlagzähigkeit	kJ/m ²	50	52	58

EMS-CHEMIE AG

039P 1355

Patentansprüche

10

1. Flammgeschützte Polyamidformmassen bestehend aus

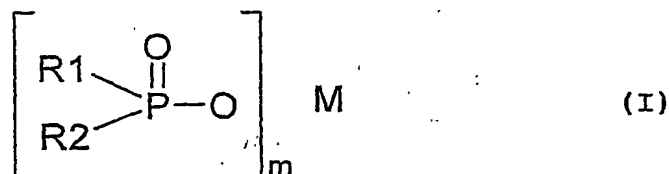
15

a) 20 - 80 Gew.-% eines oder mehrerer aliphatischer Polyamide

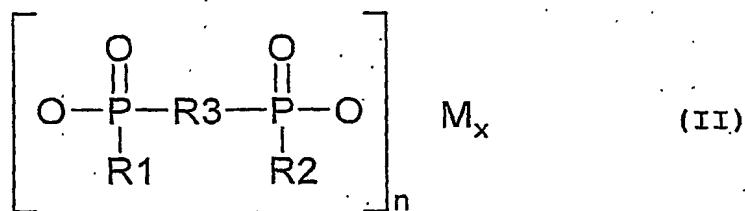
b) 1 - 40 Gew.-% eines oder mehrerer teilaromatischer Polyamide

c) 1 - 30 Gew.-% eines FlammSchutzmittels enthaltend ein Phosphinsäuresalz der Formel (I) und/oder ein Diphosphinsäuresalz der Formel (II) und/oder deren Polymere

20



25



30

worin

R^1, R^2 gleich oder verschieden sind und C_1 - C_6 -Alkyl, linear oder verzweigt und/oder Aryl,

35

5	R ³	C ₁ -C ₁₀ -Alkylen, linear oder verzweigt, C ₆ -C ₁₀ -Ärylen, -Alkylarylen oder Arylalkylen;
	M	Metallion aus der 2. oder 3. Haupt- oder Nebengruppe des Periodensystems;
10	m	2 oder 3;
	n	1 oder 3;
	x,	1 oder 2

bedeuten,

15

d) 5 - 60 Gew.-% eines faser- oder teilchenförmigen Füllstoffes oder deren Mischungen

e) 0.05 - 10 Gew.-% Additive

20

wobei die Summe aus den Anteilen a) bis e) 100 Gew.-% ergibt.

25

2. Flammgeschützte Polyamidformmassen, dadurch gekennzeichnet, dass sie 5-25 Gew.-%, bevorzugt 8-20 Gew.-%, des Flammschutzmittels enthält.

30

3. Flammgeschützte Polyamidformmasse nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die aliphatischen Polyamide a) aus der Gruppe, gebildet durch Homo- und Copolyamide, deren wiederkehrende Einheiten sich von aliphatischen Aminen, aliphatischen Dicarbonsäuren und/oder aliphatischen Aminocarbonsäuren ableiten, wobei die Aminocarbonsäuren auch in Form ihrer Lactame zum Einsatz kommen können, ausgewählt sind.

35

- 5 4. Flammgeschützte Polyamidformmasse nach mindestens
einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
dass die teilaromatischen Polyamide b) aus der Grup-
pe, gebildet durch Polyamide, deren wiederkehrende
Einheiten abgeleitet sind von mindestens einer aro-
10 matischen Dicarbonsäure, gegebenenfalls einer oder
mehrerer aliphatischer Dicarbonsäuren und einem oder
mehrerer aliphatischer und/oder cycloaliphatischer
Diamine, ausgewählt sind.
- 15 5. Flammgeschützte Polyamidformmasse nach mindestens
einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
dass die teilaromatischen Polyamide b) aus der Grup-
pe, gebildet durch Polyamide, deren wiederkehrende
Einheiten abgeleitet sind von mindestens einer
20 aliphatischen Dicarbonsäure, gegebenenfalls einer
oder mehrerer aromatischer Dicarbonsäuren und
p-Xylylendiamin und/oder m-Xylylendiamin, ausgewählt
sind.
- 25 6. Flammgeschützte Polyamidformmasse nach mindestens
einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,
dass die teilaromatischen Polyamide b) aus der Grup-
pe, gebildet durch Polyamide, deren wiederkehrende
Einheiten abgeleitet sind von Terephthalsäure
30 und/oder Isophthalsäure und gegebenenfalls Adipin-
säure sowie Hexamethyldiamin, ausgewählt sind.
- 35 7. Flammgeschützte Polyamidformmasse nach mindestens
einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,
dass als Flammenschutzmittel c) ein Phosphinsäuresalz
der Formel (I) und/oder ein Diphosphinsäuresalz der

- 5 Formel (II) und/oder deren Polymere, worin M für Calcium- oder Aluminium-Ionen steht, eingesetzt wird.
- 10 8. Flammgeschützte Polyamidformmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Additiv ausgewählt ist aus Stabilisatoren, Verarbeitungshilfsmittel, Anti-Dripping-Mittel, Farbstoffe und/oder Pigmente.
- 15 9. Verwendung der flammgeschützten Formmassen nach einem der Ansprüche zur Herstellung von Formkörpern.
- 20 10. Verwendung der flammgeschützten Formmassen nach Anspruch 9 zur Herstellung von Formkörpern, die die Forderung nach Brandklasse V0 gemäß UL94 bei einer Prüfkörperdicke von max. 0,8 mm erfüllen.